

## I. 서론

새로운 평판디스플레이 중 하나인 OLED(Organic Light Emitting Diode)는 자체발광형이기 때문에 LCD에 비해 시야각, 대조비 등이 우수하며 공정의 단순화가 가능하고 backlight가 필요하지 않기 때문에 경량박형이 가능하며 소비전력 측면에서도 유리하여 집중적인 연구 개발 투자가 이루어지는 분야이다.

유기 EL은 유기물(저분자, 올리고머 또는 고분자) 박막에 음극과 양극을 통하여 주입된 전자(electron)와 정공(hole)이 재결합(recombination)하여 여기자(exciton)를 형성하고 형성된 여기자로부터의 에너지에 의해 특정한 파장의 빛이 발생하는 현상을 말한다. 1963년 Pope 등이 안트라센 단결정을 이용하여 발광소자를 제작하였는데 이것이 고체상태의 유기재료를 이용한 최초의 유기전기

었다. 현재는 자동차 오디오, 휴대폰의 외부창, MP3 플레이어에 이미 채용이 되고 있으며 일반인들이 쉽게 볼 수 있는 디스플레이로 바뀌어가고 있다. 또한 향후 중대형 디스플레이로 상업화하기 위하여 일본의 Sony, Sanyo, Toshiba, 한국의 삼성SDI, LG-필립스 등에서 능동구동 OLED(active matrix OLED(AMOLED))를 경쟁적으로 개발하고 있다. 유기 EL 디스플레이는 이와 같이 빠른 속도로 발전하고 있으며, 향후 몇 년 내에 우리 주변의 일상적인 디스플레이로 등장할 것으로 판단 된다.

시장조사기관 디스플레이리서치에 따르면 세계 OLED 시장은 2003년 1703만대(2억 6300만달러)에 불과했지만 2007년에는 1억4440만대(27억9100만달러)로 시장이 커질 것으로 전망되고 있다.

본 원고에서는 유기 EL 단분자 재료의 특성 및 응용, 연구개발 동향 등에 관해 다루고자 한다.

# 특집 ─ New Optical Material( I )

## 단분자 전기발광재료의 연구동향

강동민, 정성욱, 권순기\*

발광소자였다.<sup>1)</sup> 그후 1987년에 Eastman Kodak사의 Tang 등이 발광층과 전하 수송층으로 각각 Alq<sub>3</sub>와 TPD라는 이중층 단분자 유기물 박막을 형성하여 구동전압 및 휘도 등의 특성이 실용화 수준에 이르는 결과를 발표하였다.<sup>2)</sup> 1990년에는 영국의 Cambridge 대학에서 PPV라는 고분자물질을 발광체로 사용한 박막소자로부터 EL특성을 발견하였고, 이로 인해 단분자 뿐만 아니라 고분자를 이용한 유기전기발광소자에 대한 연구도 급속히 확산되기 시작하였다.<sup>3)</sup> 1990년도 후반부터는 디스플레이로의 연구가 일본에서부터 활발히 진행되면서 수동형(passive matrix) 구동의 OLED가 일본의 Pioneer, 한국의 삼성SDI, LG전자, 대만의 RiTdisplay 등에 의해서 상업화 되

## II. 본론

### 1. 단분자 OLED재료

#### 1.1 단분자 OLED재료의 분류와 기본 특성

OLED에 사용되는 단분자 재료는 OLED의 구조 또는 제조공정을 살펴보면 쉽게 파악할 수 있다.(그림 1.1) OLED는 투명 기판 위에 형성된 양극 위에 정공주입층, 정공전달층, 발광층, 정공속박층, 전자전달층, 전자주입층, 음극을 순차적으로 형성하여 만든 샌드위치 구조로 되어 있다. 따라서 OLED 단분자 재료는 그 기능에 따라 정공주입 및 전달재료, 정공속박재료 또는 전자전달재료,

\* 경남 진주시 기좌동 900번지 경상대학교 나노신소재공학부, 공학연구원 및 BK21 i- cube 소재부품 인력양성사업단(skwon@gsnu.ac.kr)

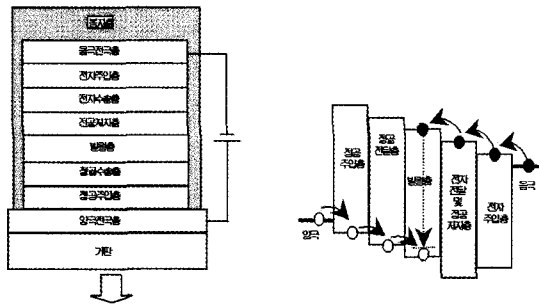
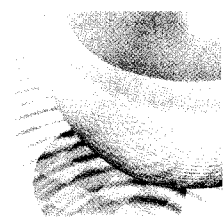


그림 1.1. 유기전기 발광소자의 일반적인 구조 및 에너지 띠와 발광 과정

발광재료로 나뉠 수 있으며 발광재료는 발광기구에 따라 단일항 여기상태에서 유래되는 형광재료와 삼중항 여기 상태에서 유래되는 인광재료로 나뉠 수 있으며 발광색에 따라 청색·녹색·적색 발광재료와 보다 나은 천연색 구현을 위해 필요한 노란색 및 주황색 발광재료로 구분할 수 있다. 이러한 유기반도체 발광재료의 밴드갭에 의하여 빨강, 초록, 파랑의 색상과 색순도가 정해지는데 밴드갭은 일반적으로 2.0 eV에서 4.0 eV 밴드갭을 갖고 있는 재료를 뜻한다. 이때 2.75 eV 주변은 빛의 파장으로 450 nm에 해당되며 청색을 뜻하고 2.4 eV 주변은 510 nm의 빛의 파장으로 녹색을 뜻하며 2.0 eV 주변은 620 nm의 빛의 파장으로 적색을 뜻한다. 또한 여기에 사용되는 유기 반도체 재료들은 일반 단분자인 경우 주로 진공증착법에 의하여 성막을 하게 되고 유기화합물이나 유기금속화합물을 사용하게 된다. 유기 EL 발광 백터니즘<sup>9)</sup>은 유기 EL 소자에 전기를 가했을 때 음극에서는 전자(electron)가, 양극에서는 정공(hole)이 주입되어 유기물 층에서 재결합하는 경로를 통하여 발광한다. 유기물 층에서는 정공이 잘 전달될 수 있도록 정공 주입 및 정공 수송층을 양극 쪽에 형성하고 음극쪽에서는 전자 주입 및 전자 수송층을 형성하여 전자를 주입한다. 전자와 정공이 발광층에서 만나면 재결합(recombination)을 통하여 여기자(exciton)를 형성하며 여기자가 기저상태(ground state)로 전이하면서 발광을 한다.

OLED에 사용되는 모든 재료들의 바람직한 특성은 순도가 높아야 하며 가능하면 진공증착이 가능하도록 적당한 분자량을 가져야 한다. 또한 유리전이온도와 열분해온도에서 높은 열안정성을 나타내야 하며 소자 작동시 발생

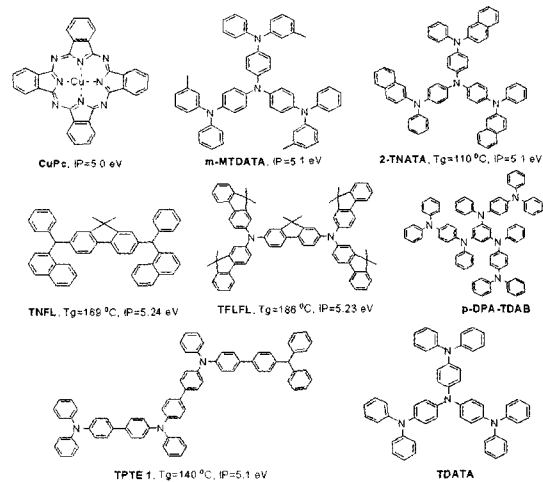


그림 1.2. 정공주입층용 단분자 재료

하는 Joule 열로 야기되는 결정화에 의한 소자의 파괴를 방지하기 위해 무정형이어야 하며 인접한 다른 층과의 접착력은 좋은 반면 다른 층으로 이동하지 않아야 한다.

## 1.2 정공주입 및 수송재료

정공주입 재료는 양극으로부터의 정공주입을 용이하게 해주어 궁극적으로는 소자의 power efficiency를 개선시키며 device의 수명을 증가시키는 재료이다. 정공주입 장벽을 낮추기 위해서는 양극인 ITO(Indium Tin Oxide)와 이온화 에너지(ionization potential)가 비슷하고 ITO와의 계면접착력이 높아야 하며 외부양자 효율을 높이기 위해서는 가시광 영역에서의 흡수가 가능한 한 없어야 한다. 널리 사용되는 포르탈로시아닌 구리(CuPc: Copper Phthalocyanine)는 열 및 산화안정성은 매우 높으나 가시광선영역에서의 흡수가 문제이다.(그림 1.2)<sup>9)</sup>

정공주입층에 사용되어지는 재료는 유기전이온도(Tg)가 90 °C이상의 열적안정성과 무기금속인 ITO와 정공 전달층과의 계면 특성이 우수한 재료가 사용되어 진다. 다음은 정공주입층이 가져야 할 특성을 간단히 요약하였다.

- 양극에서 발광층으로 효율적인 정공 주입
- 양극과 정공수송층의 중간적인 에너지 레벨 및 높은 밴드갭 에너지
- 결정성 없는 박막 형성
- 높은 열안정성

## (단분자) 전기발광재료의 연구동향

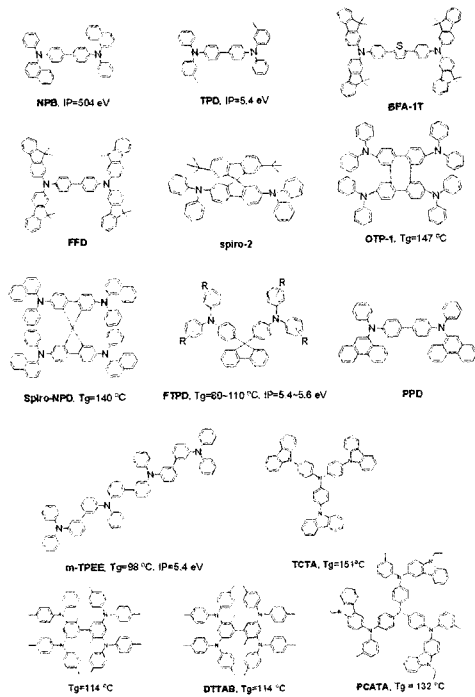


그림 1.3. 여러 가지 정공수송재료

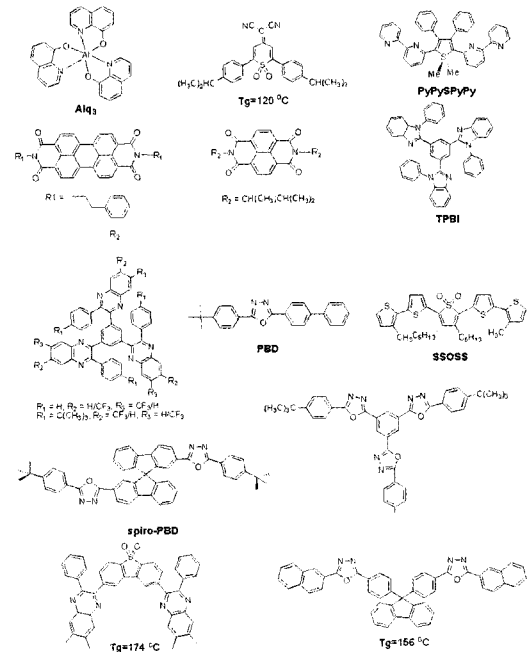


그림 1.4. 전자수송층용 단분자 재료

-ITO와 좋은 접착성 및 표면 평탄화  
정공수송재료는 단어 그대로 정공주입층을 통하여 들어 온 정공을 안정하게 발광층으로 공급해주는 역할을 한다. 이 역시 정공수송층의 HOMO 레벨은 발광층의 HOMO 레벨보다 높고 있으면서 원활한 정공수송을 돕는다. 정공수송 재료로는 TPD가 널리 사용 되었으나 유리전이온도가 60 °C로 낮은 것이 단점이었다. 그래서 지금까지의 연구개발 방향은 가장 중요한 특성인 유리전이온도(Tg)를 증가시키는 방향으로 전개되어 왔으며 대표적인 분자들이 그림 1.3에 나타나 있다.<sup>6-10)</sup>

정공수송재료는 정공을 쉽게 운반시킬 뿐만 아니라 전자를 발광영역에 속박함으로써 여기자(exciton) 형성 확률을 높여주므로 위에서 언급한 기본특성 외에도 정공이동도가 높은 물질이 바람직하다고 알려져 있다. 바람직한 정공수송재료는 높은 정공이동도 외에 쉽게 radical cation을 형성하고 적어도 150 °C이상의 유리전이온도를 갖도록 설계되어야 한다. 이 계통의 물질로는 높은 정공이동도 외에 주로 정공이 주입되었을 때 생성되는 양이온 라디칼이 안정화될 수 있는 방향족 아민이 많이 사용되고

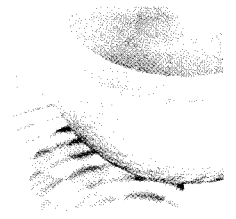
있다. 정공수송층이 가져야 할 특성을 간략히 요약하면 다음과 같다.

- 높은 정공 이동도
- 정공주입층과 발광층 사이의 에너지 레벨
- 전자 블록킹을 위한 낮은 LUMO 값
- 결정성 없는 박막
- 높은 열안정성
- 높은 밴드갭 에너지

### 1.3. 전자주입 및 전자수송 재료

전자주입재료는 음극과 전자수송층 사이에 위치하며 원활한 전자주입을 유도하며 정공주입층과 유사한 개념을 갖는다. 전자수송재료는 음극으로부터 전자가 주입되었을 때 생성되는 음이온 라디칼을 안정화할 수 있는 전자당김체를 보유하고 있는 화합물이나 전자를 잘 수용할 수 있는 금속화합물이 주로 사용된다.(그림 1.4)<sup>11-15)</sup>

전자수송재료는 금속화합물의 Alq<sub>3</sub>가 안정성이 우수하고 전자이동도가 커( $1.4 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ) 가장 많이 사용되고



있으나 다른층으로의 이동이 문제가 되는 단점을 가지고 있다. 전자주입층용 유기 단분자 재료는 특별히 없으며 주로 전달층용 단분자 물질과 음극용 금속을 혼합하여 사용하는 방법과 LiF 등과 무기물을 주로 사용하고 있다.

전자당김체를 보유하고 있는 화합물로는 시안기·옥사디아졸·트리아졸과 같이 공명에 의해 전자를 잡아당기는 작용기를 포함하고 있는 화합물들이 있다. 시안기를 포함하는 두 번째 화합물은  $1.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 의 높은 전자 이동도와  $120^\circ\text{C}$ 의  $T_g$ 를 가지고 있는 것으로 보고되어 있으며 perylene diimide 유도체는  $4.8 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 에 이르는 높은 전자이동도를 나타낸다. TPBI는 금속화합물인 Alq3보다도 효과적인 전자전달 성질들을 보인다고 보고되고 있으며 PyPySPyPy의 경우 실용화에 관한 가장 중요한 성질인 소자의 장기안정성을 크게 증가시킨다고 알려져 있다.

## 1.4. 발광재료

발광 재료는 크게 형광발광재료와 인광 발광재료로 구분되며 다시 색깔별로 구분이 된다. 정공전달층에서 주입된 정공과 전자전달층에서 주입된 전자가 발광층에서 엑시톤을 형성하여 빛을 방출하는데 발광 물질만을 사용하는 경우 분자간 상호작용에 색순도와 발광 효율이 떨어지게 되는 문제가 있어 host/dopant system을 많이 사용한다. 일반적으로 발광재료는 빛의 삼원색인 적색·녹색·청색만 있으면 우리가 원하는 거의 모든 색을 발현할 수 있으나 빛을 혼합하는 경우 흰색에 가까워져 색도가 떨어지는 경우가 있으므로 완벽한 full color 구현을 위해서는 노란색과 주황색을 구비하는 것이 좋다. 최근에는 삼중항 여기상태가 발광감쇄를 일으키는 고효율 인광재료의 개발도 활발히 이루어지고 있다.

### 1.4.1. 녹색발광재료

현재 사용되고 있는 전기발광재료 중 가장 먼저 개발된 재료로 실용화에 충분한 발광특성을 나타내고 있는 재료가 녹색발광재료인 Alq<sub>3</sub>다. Alq<sub>3</sub>는 87년 코닥에서 발표한 재료로 발광특성은 최대효율은  $15 \text{cd}/\text{m}^2$  이상이며 이들 유도체 중 4-위치에 methyl이 치환된 Alq<sub>3</sub>(4-MAlq<sub>3</sub>)가 가장 발광효율이 높은 것으로 알려져 있으며 이외에도 Alq<sub>3</sub>를 host로 사용하는 C-545T와 그 유도체들과

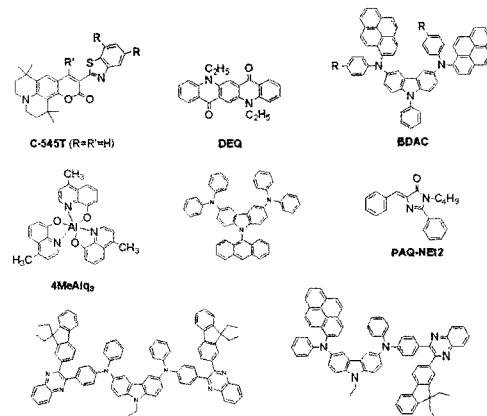


그림 1.5. 녹색 발광 단분자 재료

Quinacridone 유도체들이 알려져 있으며 최근 카바졸 유도체들도 많이 보고되고 있다. 녹색발광재료로는 그림 1.5와 같은 물질들이 알려져 있다.<sup>16-21)</sup>

### 1.4.2. 청색발광재료

청색 발광재료로서는 그림 1.6<sup>22-26)</sup>과 같은 구조의 화합물들과 유기금속화합물들이 알려져 있으나 가장 효율이 좋다고 알려진 재료가 Idemitsu-kosan의 디스트릴(distryl)화합물이다. 알려진 구조로는 DPVBi가 있으나 Modified-DPVBi계 화합물이 발광특성이 더 좋은 것으로 알려져 있다. 경상대의 TBSA 재료 같은 경우 기존의 재료에 비해 가장 좋은 색순도를 보였으며, Biaryl 화합물인 BTP의 경우 TPD를 정공전달물질로 TPBI를 전자전달층으로 사용한 디바이스에서 최대 발광효율이 5.5 V에서  $4.0 \text{cd}/\text{A}$ 로 측정되었고 색좌표가(0.14, 0.11)인 것으로 보고되었다. 그 외 PAP-NPA와 최근에 발표된 spiro-FPA의 경우 비교적 좋은 색순도((0.15, 0.11), (0.16, 0.14))에서 각각  $2.67 \text{cd}/\text{A}$ 와  $2.76 \text{cd}/\text{A}$ 의 효율을 나타내는 것으로 보고 되어 있으며 소니의 13인치 시제품에서 사용한 청색 발광 재료는 구조가 알려지지 않았지만 현재 까지 보고된 재료보다 색순도를 고려한 발광효율 면에서 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 유기 청색 발광재료는 색순도 및 효율의 장기적 열안정성에 문제가 있어 실용화에 충분한 수명을 갖지 못하는 단점이 있어 연구 개발이 시급한 부분이다.

한편 유기금속화합물계 청색 발광물질도 일본과 우리나라 기업을 중심으로 많이 발표되고 있다.(그림 1.7)<sup>27)</sup> 그

## (단분자) 전기발광재료의 연구동향

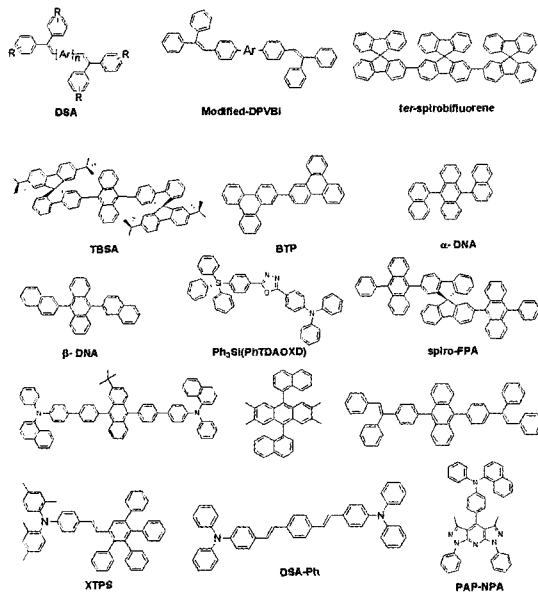


그림 1.6. 청색 발광 단분자 재료

러나 이들은 화학적 안정성의 결여, 정제의 어려움, 낮은 색순도 특히 고휘도시 넓은 발광파장대로 인한 백색화 등의 단점을 가지고 있다.

### 1.4.3. 적색발광재료

적색 발광재료는 본질적으로 낮은 발광효율(예: 형광양자효율이 100%라 할지라도 620nm, 5 V에서 효율이 5 lm/W밖에 되지 않음), 고농도시 확장된 파이전자를 통한 분자 간 상호작용에 의한 발광감쇄(quenching)효과, 넓은 발광대역으로 인한 색순도의 저하 등의 단점을 갖고 있어 단독으로 사용되기보다는 host 물질에서부터 dopant인 적색 발광물질로의 에너지 전이를 이용함으로써 효율과 색순도를 개선하는 방법이 사용되어지고 있다.

가장 널리 알려진 적색 발광재료는 Kodak사의 DCJTb dopant가 있으며 DCJTb 와 함께 황색 발광물질인 Rubrene, 청색발광물질인 NPD를 co-dopant로 쓸 경우 더 향상된 발광효율을 가진다는 것이 보고되었다. Sony사에서 보고한 1,1'-dicyano-substituted bis-styrylnaphthalene(BSN) 유도체들은 좋은 박막 특성과 높은 열안정성을 보였으며 non-doping 소자 제작시에도 높은 발광효율과 좋은 색좌표를 가지는 것으로 알려져 있다. 최근 thieno-(3,4-b)-pyrazine유도체와 benzo(a)

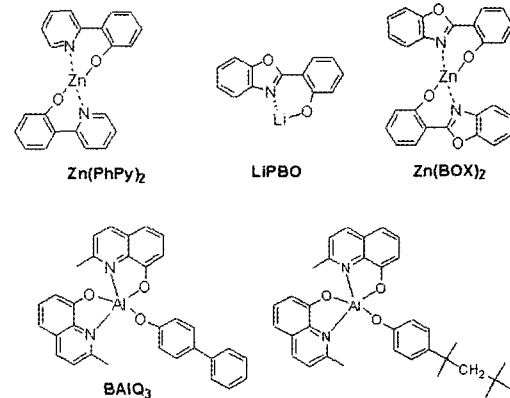


그림 1.7. 청색 발광 유기금속화합물

aceanthrylene유도체가 효율 및 색순도에서 우수한 발광 효율을 보이는 것으로 보고 되어 있으며 여러 가지 DCM 유도체와 유사체인 isophorone유도체도 개발되었다. 최근 우리나라의 LG Elite에서 개발한 적색발광재료는 구조는 발표되지 않았으나 색순도, 수명 특성면에서 지금까지의 재료보다 훨씬 우수한 것으로 알려져 있다. 현재까지 가장 많이 사용되고 있는 적색발광재료는 Kodak의 DCJTb이나 아직까지 650 nm에 이르지 못하는 최대발광파장, 넓은 발광영역으로 인한 낮은 색순도, 낮은 발광 효율 등의 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위해서는 파이전자의 공액구조는 그대로 유지하면서 분자 간 상호작용이 최소화되는 재료의 개발이 필요하다.

### 1.4.4. 인광발광재료

인광재료로는 일중항 또는 삼중항 여기상태에서 삼중항 여기상태로의 계간 전이(intersystem crossing) 또는 에너지 전이가 잘 일어나는 원자번호가 큰 전이금속이 중심 원자로 있는 유기금속화합물이 바람직하다. 현재까지 알려진 재료로는 이리듐(Ir) · 백금(Pt) · 유퀴륨(Eu) · 터비움(Tb)계 화합물 등이 있다.(그림 1.9)<sup>36-42)</sup>

현재 많은 인광발광재료가 알려져 있지만 아직 청색 인광 발광재료의 성능은 아직 실용화에 많은 문제가 있다고 알려져 있다. 최근 Thompson 그룹과 Forrest 그룹이 공동으로 발표한 청색발광 물질인 iridium(III) bis(4',6'-difluorophenylpyridinato)tetrakis(1-pyrazoyl) borate(FIr6)는 실리콘 단분자물질인 diphenyldi(ortho-lyl)silane(UGH1) 이나 p-bis(triphenylsilylyl)

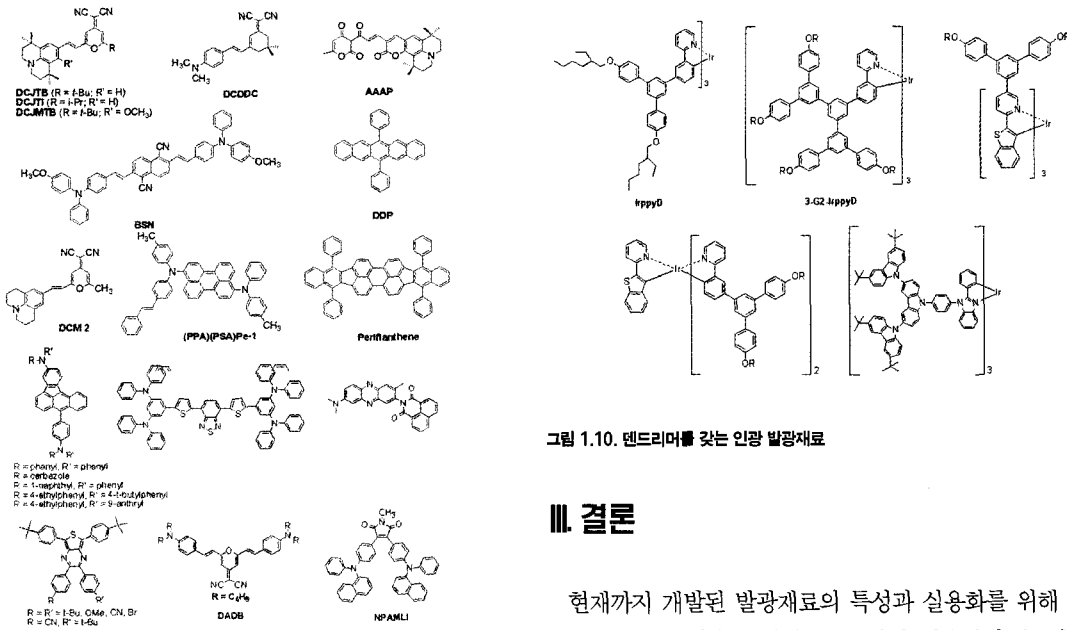
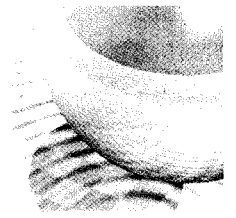


그림 1.8. 적색 발광 단분자 재료<sup>29-36)</sup>

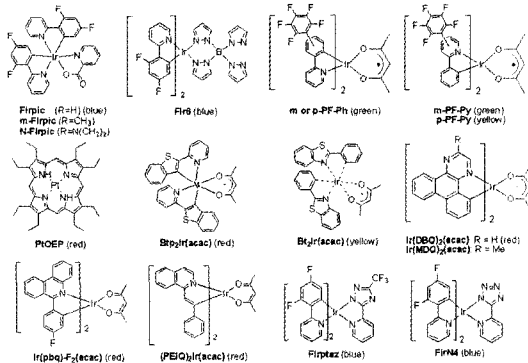


그림 1.9. 여러 가지 인광 발광재료

benzene(UGH2)를 호스트로 사용했을 때 Firpic보다 발광 효율과 색순도가 더 개선된 것으로 보고하고 있다.

이외에도 그림 1.10과 같이 삼중항-삼중항 소멸현상의 방지 및 용액공정이 가능한 dendrimer를 이용한 인광발광재료가 개발되어 있다.<sup>43-46)</sup>

그림 1.10. 덴드리머를 갖는 인광 발광재료

### III. 결론

현재까지 개발된 발광재료의 특성과 실용화를 위해 요구되는 발광특성을 고려할 때 충분히 실용화할 수 있는 발광재료는 녹색이며 적색은 발광효율이, 청색은 수명이 문제시되고 있다. 특히, OLED의 실용화에 있어 무엇보다 문제가 되는 것이 청색발광재료이며, 고효율, 장수명, 고색순도의 청색발광재료의 개발은 OLED의 실용화를 앞당길 수 있는 중요한 요인이 될 것이다. 아직까지 TV, 컴퓨터 모니터와 같이 장수명을 요구하는 평판 디스플레이에 적용하기 위해서는 모든 물질들이 새로이 개발되어야 할 정도로 개발의 여지가 많이 남아 있으며 이러한 물질의 개발국 또는 회사가 앞으로 전기발광소자 및 그 응용제품에서 주도권을 장악할 것으로 확신한다.

### 참고문헌

- (1) M. Pope, H. P. Kallmann, P. Magnate, J. Chem. Phys., 1963, 38, 2042.
- (2) C. W. Tang, S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett. 1987, 51, 913.
- (3) J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, R. H. Friend, P. L. Burns, A. B. Holmes, Nature 1990, 347, 539.
- (4) L. S. Hung, C. H. Chen, Materials Science and Engineering 2002, R 39, 143.
- (5) Yasuhiko Shirota, Tomokazu Kobata, Naoki Noma, Chem. Lett. 1989, 1145.
- (6) Young Kook Kim, Seok-Hwan Hwang, Chem. Lett. 2006, 35, 120.
- (7) Jiuyan Li, Chunwah Ma, Jianxin Tang, Chun-Sing Lee, Shuittong Lee, Chem. Mater. 2005, 17, 615.
- (8) S. A. Vanslyke, et al. Appl. Phys. Lett. 1996, 69, 2160.
- (9) Adachi, et al. Jpn. J. Appl. Phys. 1988, 27, 1, 269.

## (단분자) 전기발광재료의 연구동향

- (10) Y. Sato, S. Ichinosawa, T. Ogata, M. Fugono, Y. Murata, Synth. Met. 2000, 111, 25.
- (11) Tang, et al. Appl. Phys. Lett. 1987, 51, 913.
- (12) Y.T. Tao, et al. Appl. Phys. Lett. 2000, 77, 1575.
- (13) T.-H. Huang, W.-T. Whang, J. Y. Shen, Y.-S. Wen, J. T. Lin, T.-H. Ke, L.-Y. Chen, C.-C. Wu, Adv. Funct. Mater. 2006, 16, 1449.
- (14) Adachi, et al. Appl. Phys. Lett. 1989, 55, 1489.
- (15) J. Bettenhausen, et al. J. Appl. Phys. 1997, 82, 4957.
- (16) Linda S. Sapochak, Asanga Padmaperuma, Nancy Washton, Floerfida Endrino, Gregory T. Schmett, Jeffrey Marshall, Daniel Fogarty, Paul E. Burrows, Stephen R. Forrest, J. Am. Chem. Soc. 2001, 123, 26, 6300.
- (17) K. R. J. Thomas, J. T. Lin, Y.-T. Tao, C.-W. Ko, Adv. Mater. 2000, 12, 1949.
- (18) K. R. Justin Thomas, Jiann T. Lin, Yu-Tai Tao, Chang-Hao Chuen, Chem. Mater. 2002, 14, 3852.
- (19) C.H. Chen, et al. US Patent, 6020078(2000)
- (20) H. Murata, et al. Appl. Phys. Lett. 1999, 75, 3252.
- (21) P. Kundu, K.R. Justin Thomas, J.T. Lin, Y.-T. Tao, C.-H. Chien, Adv. Funct. Mater. 2003, 13, 445.
- (22) M.-T. Lee, C.-H. Liao, C.-H. Tsai, C. H. Chen, Adv. Mater. 2005, 17, 2493.
- (23) S. K. Kwon, Adv. Funct. Mater. 2005, 15, 1799.
- (24) Ken-Tsung Wong, Yuh-Yih Chien, Ruei-Tang Chen, Chung-Feng Wang, Yu-Ting Lin, Huo-Hsien Chiang, Ping-Yuan Hsieh, Chung-Chih Wu, Chung Hsien Chou, Yuhlong Oliver Su, Gene-Hsiang Lee, Shie-Ming Peng, J. Am. Chem. Soc. 2002, 124, 11576.
- (25) Y. H. Kim, D. C. Shin, S.-H. Kim, C.-H. Ko, H.-S. Yu, Y.-S. Chae, S. K. Kwon, Adv. Mater. 2001, 13, 22, 1690.
- (26) S.K. Kwon, et al. ICEL-3, 5-8, september(2001)
- (27) Naka Tang, et al. Appl. Phys. Lett. 1987, 51, 913.
- (28) C. H. Chen, et al. US Patent, 5908581(1999)
- (29) L.C. Picciolo, et al. Appl. Phys. Lett. 2001, 78, 2378.
- (30) M. Ichimura, et al. ICEL-3, 5-8, september(2001)
- (31) K. R. J. Thomas, J. T. Lin, Y.-T. Tao, C.-H. Chuen, Adv. Mater. 2002, 14, 822.
- (32) B.-J. Jung, C.-B. Yoon, H.-K. Shim, L.-M. Do, T. Zyung, Adv. Funct. Mater. 2001, 11, 430.
- (33) W.-C. Wu, H.-C. Yeh, L.-H. Chan, C.-T. Chen, Adv. Mater. 2002, 14, 1072.
- (34) Pengfei Wang, Zhiyuan Xie, Shiwen Tong, Oiyang Wong, Chun-Sing Lee, Ningbew Wong, Liangsun Hung, Shuitong Lee, Chem. Mater. 2003, 15, 1913.
- (35) K. R. Justin Thomas, J. T. Lin, M. Velusamy, Y.-T. Tao, C.-H. Chuen, Adv. Funct. Mater. 2004, 14, 83.
- (36) M. E. Thompson, IMID Aug., 29, 2001
- (37) Forrest, et. al. ICEL, 2003
- (38) Chin H. Chen, et al. Adv. Mater. 2005, 17, 1774.
- (39) T. Tsuzuki, N. Shirasawa, T. Suzuki, S. Tokito, Adv. Mater. 2003, 15, 1455.
- (40) Sergey Lamansky, Peter Djurovich, Drew Murphy, Feras Abdel-Razzaq, Hae-Eun Lee, Chihaya Adachi, Paul E. Burrows, Stephen R. Forrest, Mark E. Thompson, J. Am. Chem. Soc. 2001, 123, 4304.
- (41) Sergey Lamansky, Peter Djurovich, Drew Murphy, Feras Abdel-Razzaq, Raymond Kwong, Irina Tsyba, Manfred Bortz, Becky Mui, Robert Bau, Mark E. Thompson, Inorg. Chem. 2001, 40, 1704.
- (42) J. P. Duan, P. P. Sun, C. H. Cheng, Adv. Mater. 2003, 15, 224.
- (43) S.-C. Lo, N.A.H. Male, J.P.J. Markham, S.W. Magennis, P.L. Burn, O.V. Salata, I.D.W. Samuel, Adv. Mater. 2002, 14, 975.

- (44) S.-C. Lo, T. D. Anthopoulos, E. B. Namdas, P. L. Burn, I. D. W. Samuel, Adv. Mater. 2005, 17, 1945.
- (45) T. D. Anthopoulos, M. J. Frampton, E. B. Namdas, P. L. Burn, I. D. W. Samuel, Adv. Mater. 2004, 16, 557.
- (46) J. Ding, J. Gao, Y. Cheng, Z. Xie, L. Wang, D. Ma, X. Jing, F. Wang, Adv. Funct. Mater. 2006, 16, 575.

### 약 력

#### 권순기

E-mail : skwon@gnu.ac.kr

#### 학 력

1978 ~ 1982 서울대학교 학사  
1982 ~ 1987 한국과학기술원 석사 및 박사  
1995 ~ 1996 매사추세츠 공과대학(M. I. T.)박사후 과정

#### 경 력

1987 ~ 현재 경상대학교 고분자공학과과장, 교수 경상대학교 연구진흥위원회 위원, 지방대학특성화사업단 실무추진단장, 기획연구부차장, 지역혁신역량강화사업 추진단장, 나노신소재공학부장, BK 사업단장  
2002 ~ 2006 산업자원부 차세대 신기술 개발사업단(플라 스틱 광섬유 개발 사업단) 운영위원장  
2003 ~ 2004 산업자원부 산업기술개발5개년계획 기획위원회 석유·정밀화학분과 기획단장  
2004 ~ 현재 경상남도 지역혁신협의회 위원  
2005 ~ 2005 산업자원부 산업기술지도 작성 위원회 차세대디스플레이 분야 위원  
2006 ~ 현재 차세대 성장동력산업(디스플레이) OLED 분야 R&D 혁신전략위원회 위원  
2006 ~ 현재 차세대 디스플레이 사업단(21C 프론티어 사업단) 3단계 기획위원  
기타 산업자원부 기술기획단 위원(93년 이후)



#### 정성욱

E-mail : suojung@gnu.ac.kr

#### 학 력

1983 ~ 1990 경상대학교 화학과 학사  
1990 ~ 1996 경상대학교 화학과 석사 및 박사

#### 경 력

1997 ~ 1999 미국피츠버그대학교 박사 후 과정  
2000 ~ 2001 시간강사  
2000 ~ 2001 연구원(경상대학교 공학연구원)  
2001 ~ 2006 연구교수(경상대학교 공학연구원)  
2006 ~ 현재 계약교수(BK21 i-cube 소재부품 인력양성사업단)



#### 정성욱

E-mail : kangdm@gnu.ac.kr

#### 학 력

1994 ~ 2001 경상대학교 화학과 학사  
2001 ~ 2006 경상대학교 화학과 석사 및 박사

#### 경 력

2005 ~ 2006 시간강사(경상대학교 화학과)  
2006 ~ 현재 선임연구원(BK21 i-cube 소재부품 인력양성사업단)

